

This is an author produced version of a paper published in Svensk Geografisk Årsbok. This paper has been peer-reviewed and is proof-corrected, and includes the publication pagination

Citation for the published paper:

Mattson, J.O., Wadbro, J., Thorsson, P. & Skärbäck, E. (2009) Studier av lokalklimat och ljudutbredning i en svensk tätort. *Svensk Geografisk Årsbok* Volume: 85, pp 47-66.

Access to the published version may require subscription.
Published with permission from: Sydsvenska geografiska sällskapet.



Epsilon Open Archive <http://epsilon.slu.se>

Studier av lokalklimat och ljudutbredning i en svensk tätort.

Abstract

Spridning av buller påverkas av meteorologiska förhållanden, särskilt temperatur och vind, i de luftskikt genom vilka ljudet färdas. Det lokala vädret och klimatet blir därför av betydelse för ljudspridningen. Bildning av kalluft och markinversion varierar bl a beroende på topografi och markanvändning. En järnvägsutredning för Södra stambanan berör tätorten Åkarp (5582 inv.) i södra Sverige. Tätorten är belägen i en svacka i ett eljest öppet jordbrukslandskap. Här har den svenska järnvägsmyndigheten (Banverket) använt en beräkningsmodell för bullerspridning (NMT-modellen) som inte är korrigerad för inverkan av det lokala klimatet. Denna studie syftar till att kartlägga hur tillämplig NMT-modellen är för de speciella ljudutbrednings- och klimatförhållanden som råder i Åkarp.

Temperaturmätningar i master i Åkarpsdalens botten och på dalens sluttning visar att kalluft tillförs dalen från dess omgivningar och deponeras i denna. Denna speciella meteorologiska situation i Åkarp medför kraftigt ökat buller även långt från järnvägen jämfört med en neutral atmosfär. Bullret är så högt att sömnkvaliteten för de boende påverkas negativt.

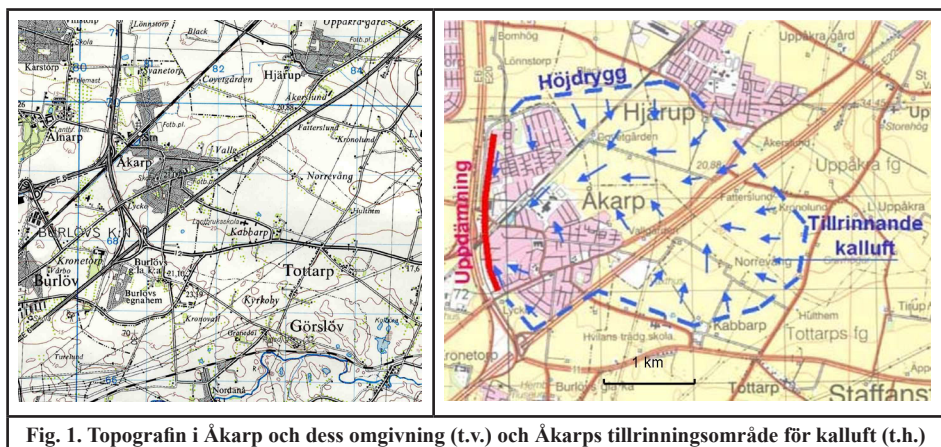
Ballongsonderingar visar att kalluft under inversionsnätter tillrinner in över Åkarp från omgivningen till en mäktighet av över 16 m. Dessutom visas att temperaturinversion i undre luftskikt här kan bildas under såväl klara, vindstilla nätter som under klara nätter med svag till måttlig vind. Åkarp ligger inom västvindbältet. Bullerförstärkningar kan fås inte enbart genom att ljudet går i bågar inom kalluftssjön som ibland når över bebyggelsen, utan även som en kombinationseffekt av temperaturinversion och medvind som kröker ljudbågarna tillbaks ner i kalluftssjön. Situationen bedöms mycket ovanlig jämfört med förhållandena i

slättbygderna i Mellansverige. NMT-modellen torde därför inte vara tillämplig för Åkarp.

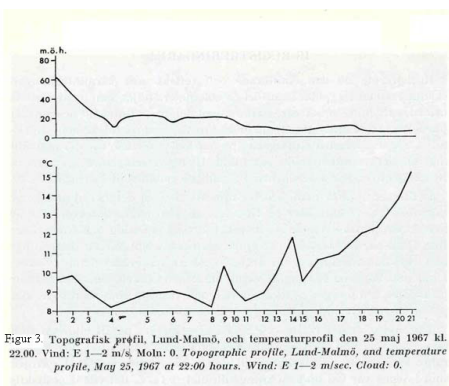
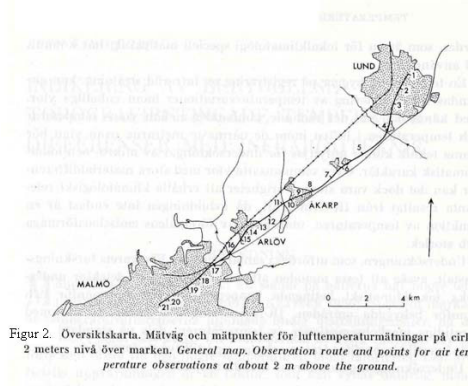
Bakgrund

Buller från trafik är en ohälsosfaktor som regleras med riktvärden. Bullret kan beräknas med olika beräkningsmodeller. Den s.k. Nordiska beräkningsmodellen, NMT, (Naturvårdsverket 1998) är godkänd av Naturvårdsverket för beräkning av buller från spårburen trafik. NMT gäller för normala förhållanden. Bullerspridningen kan påverkas starkt nattetid av markinversion, som bl a är avhängig topografi och markanvändning. Naturvårdsverket påtalar att det är möjligt att lägga in en korrektion för långsiktiga vädervariationer, men det har inte gjorts i NMT. Det finns bättre av myndigheterna godkända metoder för särskilda väderförhållanden (Nord 2000, och den sameuropeiska Harmonoise Engineering Method). Om det finns en bättre metod än den gängse, så skall den enligt svensk lagstiftning (miljöbalken) användas. Bullerberäkningarna har stor betydelse. Från dessa beräknas ohälsoeffekter av bullerstörningar och dimensioneras bullerskydden. Bullret är också en tung faktor i den samhällsekonomiska kalkylen.

Flera tidigare utredningar initierade av Burlövs kommun, till vilken Åkarp hör, har kommit fram till att det råder särskilda väderförhållanden för Åkarp (Mattsson 2005a och Mattsson 2005b). Utredningarna gav starka indikationer på att markinversioner med sannolikt förhöjda bullernivåer var frekventa och varaktiga i Åkarp. Studierna beskriver hur kalluft bildas under inversionsnätter på den omgivande öppna höglänta åkermarken. Kalluften bedöms rinna ner i den dalgång som Åkarp ligger i och i vars botten Södra stambanan löper (figur 1).



Tidigare mätningar (Lindqvist 1967) visar på stora temperaturdifferenser i det öppna landskapet runt Åkarp. Mätningarna gjordes utmed gamla vägen mellan Malmö och Lund under en kväll med inversion, 25 maj 1967. Studien visar att temperaturerna för en punkt i det berörda tillrinningsområdet (8), och en mätpunkt i Höjeås dalgång (4), var de lägsta utmed hela mätsträckan (figur 2 och 3). Att Höjeå utbildar markanta kallluftssjöar var då redan känt och året innan dokumenterat av Lindqvist. Temperaturdifferenserna på hela mätsträckan var betydande.



Figurerna 2 och 3 (Lindqvist 1967, sid 214 resp 215) visar bl a topografins stora betydelse i det öppna landskapet mellan Lund och Malmö. Observera att mätprofilerna i figur 3 har Lund till vänster, till skillnad från figur 2 med Lund till höger.

Man noterar också att temperaturen inom tätorterna Åkarp (9) och Arlöv (14) är ca 2 grader högre än i utkanten av bebyggelsen. Den är också hög i slättområdet mellan tätorterna jämfört med i vissa lågområden, t ex Höljås dalgång (4), Alnarpåsans upprinningsområde (8), samt väster om Åkarp mot Arlöv vid Mossvägen (11). Dessa lågområden tillförs kallluft.

De topografiska förhållandena med Åkarp i en dalgång och omgivande öppen högre mark antas leda till att kallluft ansamlas i dalen till hög mäktighet. En dylik kallluftssjö kan få ljudbågar att böja av mot bebyggelse även på långa avstånd. Banverket har dock lämnat utredningarna utan avseende.

Banverket hänvisar i sitt protokoll till docent Conny Larssons mätningar under ca 30 års tid på Uppsalaslätten. De mätningarna ligger dock ej inom tätort. I Sverige förekommer inga bullerspridningsmätningar vid inversion i tätort utom för Åkarp. Det är vår uppfattning att det föreligger stora osäkerheter i att utifrån mätningar som begränsar sig till spridningen i öppet slättlandskap, utan bebyggelse, dra slutsatser om bullrets spridning inne i en tätort.

Dessutom ligger Åkarp i en dal omgiven av öppet höglänt landskap till skillnad från den plana Uppsalaslätten. Det torde krävas ytterligare mätningar för att kunna hävda att bullerspridningsförhållandena är likartade.

Undersökningens syfte och inriktning

Burlövs kommun och Sveriges lantbruksuniversitet har tillstyrkt vidare studier av meteorologi och ljudutbredning i Åkarp. Dessa genomfördes under 2006-2008. Syftet var att stärka den vetenskapliga grunden för bedömning av bullerstörningar och behov av bullerskyddsåtgärder, samt att utreda huruvida NMT-modellen utan särskild korrektion för lokalklimat äger tillämpning för Åkarp.

Studierna omfattade dels mätningar av vertikala temperaturprofiler i Åkarp och ljudförstärkning vid inversion, dels meteorologiska mätningar med ballong för bedömning av ljudutbredning i Åkarp.

Studier av markinversioner och ljudförstärkning

Omfattande mätningar av lokalklimatfaktorer och buller gjordes sommaren 2006. John Wadbro genomförde mätningarna under handledning av både lokalklimatexpertis och akustikexpertis (Mattsson och Thorsson 2006). Syftet var att studera omfattningen av markinversioner nattetid och ljudförstärkning som följd av dessa.

Mätningarna gjordes dagligen kl. 20-07 (sommartid) under perioden 1 juli till 14 augusti 2006 i två master. Den ena var placerad 35 m från järnvägen nära dess korsning med landsvägen mot Alnarp på nivån 7 m ö h och den andra i en punkt sydost om den förra 700 m från järnvägen och på nivån 17 m ö h. Bullret mättes på höjderna 5 m och 10 m över markytan i ”700-masten” och på 5 m höjd i ”35-masten” med en mätning av ekvivalentnivån och maximalnivån i tersbanden mellan 25 Hz och 5 kHz varje sekund.

Temperaturmätningarna genomfördes med strålningsskyddade givare under samma tidsperiod på dygnet i nämnda master på höjderna 2 m, 5 m och 10 m över markytan med en mätskanning varje tionde minut. I båda masterna mättes också luftfuktigheten var tionde minut, men endast 2 m över markytan. I 700-masten mättes vindriktning och vindhastighet 10 m över markytan som medelvärden för var tionde minut. Varje tågpassage filmades med videokamera för att möjliggöra en korrekt knytning tåg -- bullerhändelse.

Mätningarna visade att den totala bullerförstärkningen, skillnad mellan dag och nattbuller, i Åkarp under en inversionsnatt (exemplet 3-4 juni, figur 4) kunde på 700 m avstånd uppgå till ”sannolikt betydligt mer än 30 dB(A)” (Mattsson och Thorsson 2006). Det är mer än vad som normalt gäller för medvindsförhållanden och är inte beaktat i den Nordiska beräkningsmodellen för tågbuller, NMT. Enligt muntlig uppgift från docent Conny Larsson, Uppsala universitet har på Uppsalaslätten som mest uppmätts 25 dB(A) skillnad mellan dag och nattbuller vid inversion.

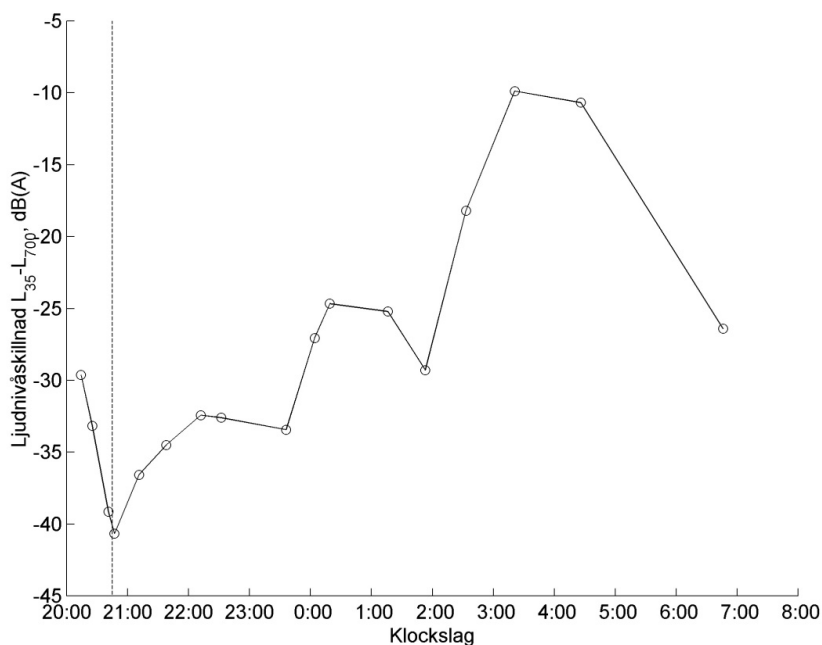
Antalet tågpassager med en maximalnivå högre än 65 dB(A) vid masten 700 m från järnvägen var 14 st under natten 3-4 juli, och för fem tåg var bullret ungefär 10 dB(A) kraftigare. Risken för överstigna maximalbullernivåer vid 700 m avstånd är därmed uppenbar (Mattsson och Thorsson 2006).

Forskning har visat att en maximalnivå från vägtrafikbuller om 45 dB(A) i ett sovrum kan ge avsevärt försämrad sömnkvalitet, om den förekommer 8 ggr/timma (Öhrström 1995). En högre maximalnivå ger försämrad sömnkvalitet vid lägre antal händelser.

Bakgrundsbullret, som framför allt härrör från E6 ca 1 km från 700-masten, uppgick kl 06 till omkring 48-50 dB(A). Det är betydligt mer än vad modellberäkning med NMT ger.

Vid den aktuella natten, 3-4 juli 2006, nådde inversionsskiktet 10 m-nivån i 35-masten kl 24 (figur 4). Genomsnittligt för fem beskrivna inversionsnätter nådde inversionsskiktet 10 m-nivån vid 35-masten redan kl 23 (figur 5). Man kan

härav dra slutsatsen att den presenterade natten möjligtvis inte har den starkaste bullerförstärkningen, utan att det troligtvis förekommer ännu kraftigare inversionseffekter under andra nätter.

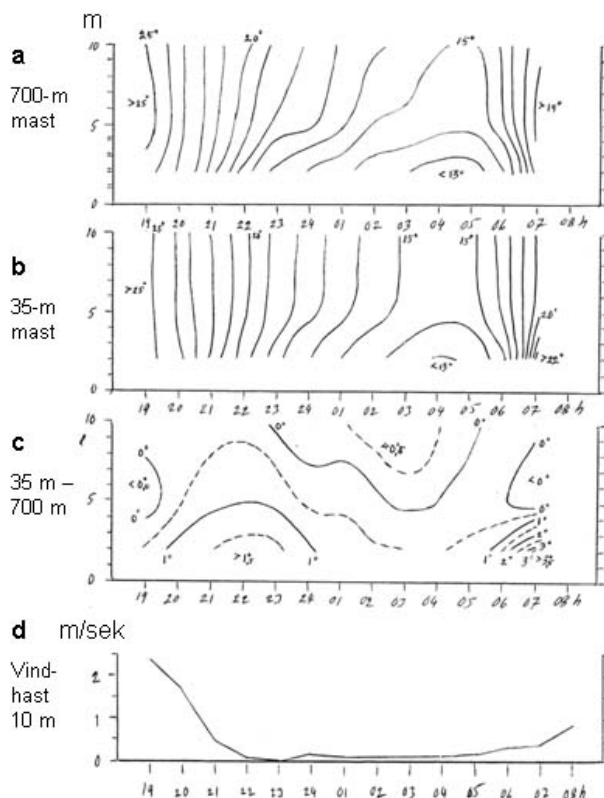


Figur 4. A-vägd ljudnivåskillnad 5 m över markytan mellan 35-masten och 700-masten, under natten 3-4 juli 2006.

Den största bullerförstärkningen inträffade på sennatten, omkring kl 03-04. Detta tyder på att kallluftssjön fortsatte att öka i mäktighet över 10 m efter midnatt. Av mätningarna drogs därför slutsatsen att den kallluftssjö som bildas vid inversion är djupare än bebyggelsens höjd och att ljudet kan gå i höga bågar över normalt sett skärmande bebyggelse och landa mot bebyggelse på stora avstånd.

Figur 5 visar isopletdiagram över temperaturer på olika nivåer, temperaturdifferenser mellan master samt vindhastigheten under nätter med inversion. Diagrammen baseras på genomsnittsvärden för fem nätter med inversion hela natten under den aktuella mätperioden. För de fem nätterna började inversionen svagt kl 21 nere vid järnvägen, 35-masten. Kl 23 passerade inversionsskiktet vid 35-masten 10m-nivån på båda masterna. Inversion förekommer ännu kl 06 men har upphört

kl 07. Solen har då börjat värma upp marken, vilket rör om luftlagren.



Figur 5. Isopletdiagram över temperaturen i 700-masten (a) och 35-masten. (b) samt temperaturskillnaden mellan masterna i respektive nivå (c) ävensom vindhastigheten på 10 m höjd i Åkarp (d). Diagrammen baseras på genomsnittliga värden från fem inversionsnätter (3-4, 15-16, 16-17, 26-27 och 29-30 juli 2006).

Jämförelser mellan de båda lokalerna mät höjd för mät höjd gav vid handen, att vid lugnt, klart väder på natten syntes en svag undertemperatur präglade övre skikt i dalbotten jämfört med motsvarande skikt på sluttningen. Motsatsen gällde de mer marknära skikten. Detta tyder på att ett mäktigare kallluftsskikt utbildas i dalbotten men också på att en viss värmande verkan utövas av den hårdgjorda marken i dalbotten hejdar de mest marknära luftskiktens avkylning under förnatten. Det mäktigare kallluftsskiktet i dalbotten tyder i sin tur på att kallluft transporteras dit från omgivningarna, troligen främst från de öppna fälten i nordost. Hur mäktigt kallluftsskiktet är kunde inte mätas i 2006 års mätningar, eftersom mätmasterna inte var högre än 10 m. Projektgruppen konstaterade att temperaturmätningar på högre höjd kan göras med ballongsondering.

Meteorologiska mätningar med ballong för bedömning av ljudutbredning

För att få ytterligare klarhet i kallluftsskiktets mäktighet under inversionsnätter genomfördes under sommaren 2008 mätningar av lufttemperaturen på upp till 50 m höjd med ballongmätning. Mätmetoden med ballong ger genom ballongens avdrift även observationer av hur vinden kan variera mellan olika luftlager.

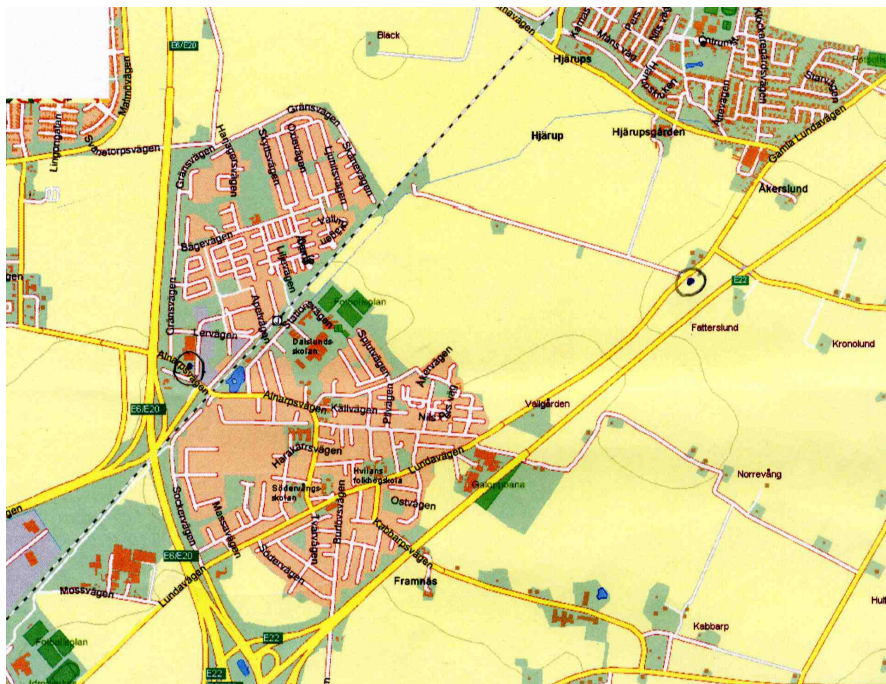
Temperaturmätningarna gjordes med hjälp av förankrad ballong av John Wadbro dels centralt i Åkarp, dels vid Lundavägen/Coyetvägen (figur 6).

Mätningarna utfördes under två omgångar:

- 1) nätterna 1-2 juli och 5-6 juli 2008 (Mattsson 2008a), samt
- 2) nätterna 28-29 juli, 30-31 juli, 11-12 augusti och 30-31 augusti (Mattsson 2008b).

Rapportering skedde till bl a Burlövs kommun, Banverket och SMHI.

Ballongen, som var förankrad med en 50 m lång lina, bringades att stiga med konstant hastighet till full linlängd för att därefter sänkas, också med konstant hastighet. Mätningarna pågick under såväl upp- som nedfarten. Dock valdes mätresultaten från nedfarten, då dessa värden bedömdes vara minst störda av eventuell turbulens orsakad av ballongen. Mätsensorn (termistor) var nämligen placerad under ballongen.



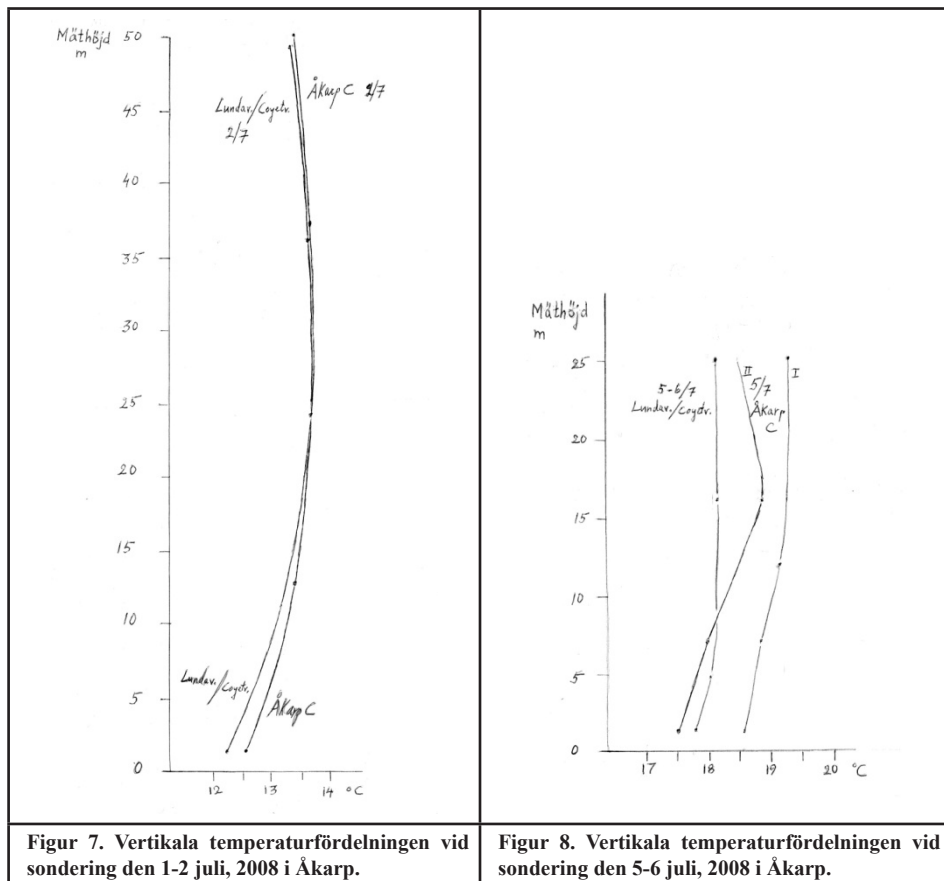
Figur 6. Två punkter för ballongsondering i Åkarp. Den västra benämns centrala Åkarp och den östra Lundavägen/Coyetvägen.

Mätomgång 1

Mätresultat och observationer

Vid båda nätternas mättillfällen var himlen molnfri. Under första natten (1-2 juli) förekom endast svag vind, medan vinden under andra natten (5-6 juli) var svag-måttlig. Inom inversionsskiktet rådde dock vindstilla eller förekom endast mycket svag vind. Vindstyrkan kunde grovt bedömas genom observation av ballongens avdrift. I lägsta skiktet stod ballongen i zenit och höjdvinkeln till dess position var alltså 90°.

Vid mätningarna i centrala Åkarp den 2 juli, kl 00.45 (sommartid), blåste en svag vind över ett 24 m mäktigt, marknära lugnskikt med något lägre temperatur än skiktet ovanför, dvs markinversion (figur 7).



Vid helt utsträckt lina (50 m) stod dock ballongen fortfarande i zenit (90°). Vid mätningarna under samma natt vid Lundavägen/Coyetvägen, kl 01.05, hade det marknära skiktet med vindstilla eller mycket svag vind en mäktighet av ca 11 m. Däröver förekom svag vind upp till den högsta höjden. På denna, beräknad till ca 49 m, gav avdriften ballongpositionen en höjdvinkel av 75° - 80° . Temperatursänkningen vid marknivå var något större vid Lundavägen/Coyetvägen än i centrala Åkarp, vilket kan förklaras av att den förra mätpunkten helt omges av åkerfält, medan mätpunkten i centrala Åkarp delvis omges av asfaltytor och hustak som avger mer upplagrad värme under förnatten.

Vid mätningarna den 5-6 juli var skiktet med helt vindstilla i centrala Åkarp 7-8 m mäktigt (figur 8).

Vid en första sondering, kl 23.50, överlagrades detta skikt av ett skikt med vind, i vilket ballongens avdrift gav höjdvinkeln ca 45° vid linlängden 18 m (höjd ca 13 m). Över denna nivå minskade höjdvinkeln ytterligare och uppgick till ca 30° vid längsta linlängd (höjd ca 25 m).

Vid en andra sondering, kl 00.05, i centrala Åkarp överlagrades det marknära lugnskiktet av ett skikt med svag vind som gav ballongen höjdvinkeln 65° - 70° vid linlängden 18 m (höjd 16-17 m). Kalluftsskiktet hade således ökat något. Temperaturen i kalluftsskiktet hade sjunkit med 1 grad. Temperaturskillnaderna är dock små och kan förklaras av vindvariationer. Vinden där ovanför gav ballonglinan en höjdvinkel av 45° vid 25 m linlängd (höjd ca 18 m) och höjdvinkeln 30° vid 50 m linlängd (höjd 25 m). Vindhastigheten förefaller därför oförändrad på 25 m höjd.

Samma natt rådde vid Lundavägen/Coyetvägen vindstilla från markytan till 5 m höjd över denna. Däröver gav vinden ballongen en avdrift resulterande i höjdvinkeln 45° på en beräknad höjd av ca 16 m. Över denna nivå var vindhastigheten än större. Vid fulla linlängden 50 m stod ballongen i en position med höjdvinkeln ca 30° (ca 25 m höjd).

Som framgår av figur 7 och 8 hade i centrala Åkarp vid båda nätternas mät-tillfällen utbildats en markinversion. En sådan förekom också i den mindre blå-siga situationen (första natten) uppe vid Lundavägen/Coyetvägen (fig. 7), medan luftskikten där präglades av isotermer eller mycket svag, grund markinversion vid det blåsigare mättillfället (andra natten) fig. 8.

Diskussion och slutsatser

Mätningarna bekräftar att i nattsituationer med molnfri himmel och svag-måttlig vind kan grunda och/eller svaga markinversioner utbildas, speciellt över mark med lägivande vegetation och låg bebyggelse. Också dessa inversioners stabila skiktningförhållanden dämpar vindhastigheten nära marken, medan närmast ovanför liggande skikt utmärks av vind, stundom förstärkt. Temperaturkurvorna i fig. 8 ger exempel härpå.

Ballongmätningarna visar också att inversionsskiktet i centrala Åkarp kan öka under natten i måktighet till över 16 m redan vid midnatt, och ge ökande temperaturfall. Vid Lundavägen/Coyetvägen, som är öppen mark och ligger i tillrinningsområdet för kalluft, är inversionsskiktet grundare sannolikt pga att kalluften rinner iväg neråt mot lägre nivåer.

Utbredningen av ljudvågor från en ljudkälla belägen i ett skikt med markinversion och vindstilla överlagrat av ett luftskikt med förstärkt vindhastighet torde påverkas av både temperaturskiktningen och den vertikala vindfördelningen. Ljudvågor som når upp till vindskiktet kröks tillbaka mot marken vid medvind. Temperaturskiktningen vid inversion medför nedkrökning oavsett utbredningsriktning. Vid mäktigt kallluftsskikt, högre än bebyggelsen, kan ljudet följa höga bågar över bebyggelsen. I Åkarp torde denna kombinationseffekt särskilt förstärka järnvägsbullret inom området öster om järnvägen, inom vilket också merparten av Åkarps tätort är belägen.

Lokaliseringen till västvindbältet och med vida, öppna slättområden västerut mot det närbelägna havet, Öresund, ger orten dominans av vindar inom den västliga sektorn. Situationer med sammanfallande västvindar och markinversion torde därför vara vanliga i Åkarp. Härtill kommer att en mäktig kallluftssjö kan uppträda i Åkarp vid relativ molnfrihet och lugnväder pga de särskilda topografiska förhållandena med dalstråk och omgivande tillrinningsområden som gynnar uppkomsten av markinversion med kraftig kallluftsansamling och bullerförstärkning.

Mätningarna 2006 visade på bullerförstärkning under merparten av hela mätperioden. Detta kan således eventuellt förklaras av att bullerförstärkning på den östra sidan järnvägen i Åkarp är frekvent och kraftig pga att medvindseffekt ofta tillkommer både vid stark och svag inversion.

Vi kan alltså i östra Åkarp ha att göra med en dubbeleffekt som ger kraftig bullerförstärkning både vid lugnväder och medvind. Kallluften bildar med sin tyngre luft en form av "kudde" som dels ger viss läeffekt, dels pressar ihop den något varmare svaga vinden från väster så att den får något högre hastighet. Ljudbågar som kommer snett upp genom kallluftssjön kröks då tillbaks neråt av medvinden därovanför.

Vid något kraftigare vind blir kallluftsskiktet inte lika mäktigt, men å andra sidan blir ljudförstärkningen pga medvindseffekt sannolikt större. Men även vid viss vind förefaller enligt temperatursonderingarna markinversion kunna bildas i dalstråket genom Åkarp.

Mätpunkten för ballongsondering i centrala Åkarp ligger nära både järnvägen och E6, varför den är relevant även för bedömningar av motorvägsbullret. Dubbeleffekten med bullerförstärkning både klara lugna nätter och nätter med viss medvind torde förklara varför bullret från E6 sommaren 2006, översteg riktvärdena både på förnatten och efternatten under hela mätperioden på så långt avstånd som 1 km öster om motorvägen inne i samhället.

En slutsats är att den nordiska beräkningsmodellen för bullerspridning inte ger tillfredsställande värden i Åkarp utan korrigering för särskilda väderförhållanden.

Mätomgång 2

Mätresultat och observationer

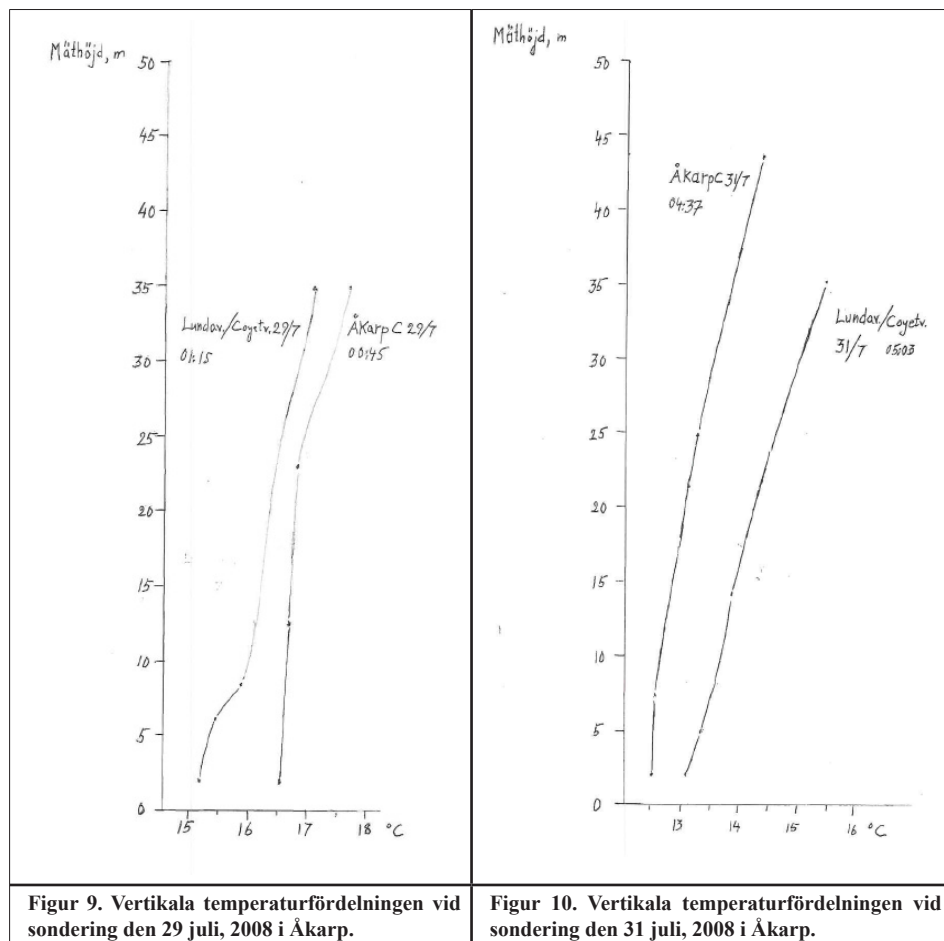
Vid mättillfällena var himlen molnfri. De mest marknära luftskikten präglades av endast svag vind eller vindstilla (ballongen i zenit). Över dessa skikt gav en måttlig till stark vind ballongen en avdrift från lodlinjen som i tabell 1 anges i höjdsvinkelgrader. Vindförhållandena redovisas samlat i tabell 1.

Vid mätningarna den 29 juli (figur 9) hade det marknära skiktet med vindstilla eller mycket svag vind en mäktighet av ca 15 m i centrala Åkarp och ca 10 m vid vägskalet Lundavägen/Coyetvägen. Över detta skikt blåste en frisk vind som gav ballongen en position av ca 45° över horisontalplanet. Temperaturvärdena i Åkarp låg allmänt något över motsvarande värden vid Lundavägen/Coyetvägen. Inflytandet av asfaltytor och hustak som avger lagrad värme kan i likhet med vad som förekom i omgång 1 förklara dessa skillnader. En markant, men grund markinversion präglade det öppna landskapet. Också i Åkarp C förekom en temperaturinversion, som dock var påtagligt svagare i det mest marknära skiktet. På högre höjd skärptes dock inversionen. Vindförhållandena torde här ha haft betydelse.

Måttillfälle	Åkarp	Lundav/Coyetv.					
		skikt, m	höjdinkel	vindrikt.	skikt, m	höjdinkel	vindrikt.
29 juli 08	kl. 00.45	2-12,5	90°	N	kl. 01.15	2-6	90° E
		12,5-23	90°-45°	NE		6-8,5	90°-45° SE
		23-35	45°	NE		8,5-35	45° SE
31 juli 08	kl. 04.37	2-7,5	90°	E	kl. 05.03	2-5	90° ENE
		7,5-25	90°-60°	E		5-14,1	90°-45° ESE
		25-43,3	60°	ESE		14,1-35,3	45° ENE
12 aug. 08	kl. 00.10	2-12,5	90°	S	kl. 00.40	2-5,4	90°-60° S
		12,5-28,2	90°-70°	S		5,4-44,2	60°-45° S
		28,2-49,8	70°-60°	S			
31 aug. 08	kl. 00.15	2-4,7	90°-70°	E	kl. 00.50	2-5	90° E-ESE
		4,7-17,2	70°-80°	E		5-12,5	90° ESE-SE
		17,2-29,5	80°	SSE		12,5-37,5	60° E
		29,5-50	80°-75°	SSE		37,5-42	50° SSW
	kl. 03.15	2-18,8	75°	NE	kl. 04.04	2-12,3	45° ENE
		18,8-37,5	75°	NE-SSE		12,3-22,7	45°-75° ENE
		37,5-50	75°	SSE		22,7-37,5	75°-90° ENE
						37,5-50	90°-75° WSW

Vid mätningarna den 31 juli (figur 10) hade det lugna skiktet nära markytan en mäktighet av ca 10 m i Åkarp C och något därunder vid vägskalet. Den större ballongavdriften över den senare lokalen indikerar ett ökat vindinflytande här och förklarar förekommande övertemperatur jämfört med Åkarp C.

Skillnaden i vindhastighet mellan de båda lokalerna kan vara tillfällig (ca en halv timma mellan måttillfällena), men kan delvis också förklaras genom skillnader i vindexponering. Men också vid detta måttillfälle förekom en markant markinversion i de understa skikten vid vägskalet, medan centrala Åkarp utvecklade närmast isotermi i dessa, överlagrad av skikt med inversionsförhållanden.

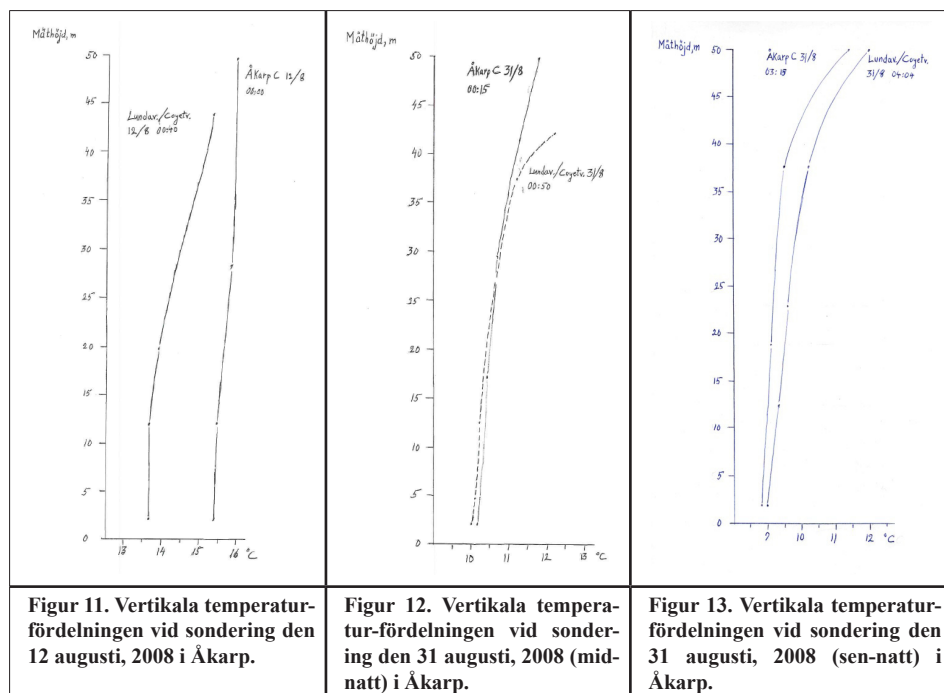


Natten den 12 augusti (figur 11) var Åkarp C åter varmast. Ett ca 15 m mäktigt lugnskikt utbildades i Åkarp C, medan lugnskiktet vid vägskalet var mycket grunt, 3 å 4 m. Isotermi präglade de undre skikten på båda mätplatserna, i centrala Åkarp troligen en följd av ovan nämnda urbana influenser, vid vägskalet på grund av vindinflytandet också i de lägsta skikten. I de övre skikten utmärktes i synnerhet Åkarp C för inversion. Vindinflytandet var här fortfarande mindre än över de öppna fälten vid vägskalet.

För natten den 31 augusti föreligger två sonderingar för vardera mätplats, en omkring midnatt (figur 12) och en under sen-natten (figur 13). Lugnskiktet vid de första sonderingarna var påtagligt grundare i centrala Åkarp än över de öppna fälten. I högre skikt var dock vindhastigheten högre över de öppna fälten. Tem-

peraturskillnaderna mellan de båda mätplatserna var obetydliga utom i högre skikt där Lundavägen/Coyetvägen uppvisade högre temperaturer än motsvarande nivåer i Centrala Åkarp.

Sonderingarna för sen-natten genomfördes vid genomgående svag vind i Åkarp C. Över fälten var vinden mera växlande. Närmast markytan var vinden här kraftig för att sedan avta med höjden till närmast vindstilla 35-40 m över markytan. Över denna höjd ökade vindhastigheten åter och gav ballongen en avdrift som, uttryckt i höjdvinkelgrader, uppgick till 75°. Vindvridningen i högre skiktet stod kvar. De växlande förhållandena över fälten försvårar en jämförelse vad gäller temperatur med Åkarp C. För båda lokalerna gäller dock att inversionen är mest uttalad i de övre skikten. Den närmast isoterma skiktningen i Åkarp C torde betingas av de urbana faktorerna enligt ovan och ett visst vindinflytande också i de understa luftskikten. Dämpningen av inversionen i undre skikt vid vägskalet får väl närmast betraktas som vindbetingad.



Diskussion och slutsatser

De mätningar som redovisats i andra omgången bekräftar att markinversioner kan förekomma i aktuella miljöer också vid svag-måttlig vind. Inversionerna är dock

vanligen svaga men kan ofta innefatta större delen av det sonderade luftskiktet. Några av sonderingarna påvisade en kraftig temperaturhöjning i skiktets övre delar vilken möjligen står i samband med en med höjden snabbt ökande vindhastighet. Markinversionernas stabila skiktningförhållanden dämpar vindhastigheten nära marken, medan närmast ovanför befintliga skikt utmärks av vind, stundom förstärkt. Tyvärr var inget av mättillfällena helt idealiskt för demonstration av kallluftens bildning, rörelse och deposition. Härtill hade krävts ett mera utpräglat ”utstrålningsväder” med klar himmel och svag-obefintlig vind inom mer omfattande delar av det sonderade luftskiktet. Mätningarna bekräftar dock förekomsten av stabila temperaturskiktningar i undre luftskikt också vid vind.

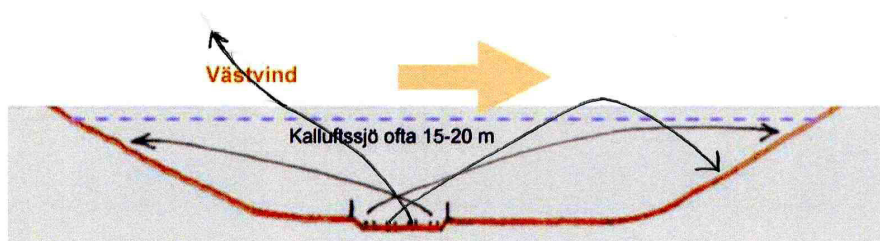
I tidigare rapport (Mattsson 2005a) beskrivs hur kallluft sannolikt rinner ner i Åkarpdalen från omgivningen. Föreliggande mätningar bekräftar detta, eftersom kallluft inte synes bildas inom tätorten pga värmeöverföring från hårdgjorda ytor såsom asfaltytor och hustak, men uppträder som ett skikt ovanför. Den torde därför främst ha kommit dit genom tillrinning från omgivningen. Detta kallluftsskikt sträcker sig tydligt över bebyggelsen, och överlagras ofta av skikt med ökande vind, som pressar ner ljudvågorna mot bebyggelse och på det viset förstärker bullereffekterna. Vinden är företrädesvis västlig och tätorten ligger till största delen öster om järnvägen.

Temperaturstudierna i och utanför bebyggelsen i Åkarp visar att temperaturinversion i undre luftskikt här kan bildas under såväl klara, vindstilla nätter som under klara nätter med svag till måttlig vind. Bland bebyggelsen är inversionen svagare än över utanförbyggande öppen mark men omfattar ofta ett något mäktigare skikt, som når upp över hustak och trädvegetation. I de undre luftskikten medför byggnader och i övrigt hårdgjord mark (tegel, sten, asfalt och betong etc.) att ett varmare skikt uppkommer närmast marken. Kallluftproduktion förekommer, något försvagad, också över öppna ytor i själva samhället, men är mest påtaglig över de öppna fälten varifrån den rinner ner i Åkarpdalen.

Slutsatser beträffande ljudutbredning

Den stabila temperaturskiktning som representeras av inversioner har en markant påverkan på ljudutbredningen, i det att ljudvågor böjs av mot de marknära skikten. Medvind ger liknande effekt, och då de rapporterade mätningarna indikerade skikt med vind över kalluftskiktet kan man således förvänta nedböjning även i högre luftlager. Med Åkarps läge i västvindsbältet påverkar denna medvindseffekt företrädesvis bebyggelsen öster om järnvägen.

Mätresultaten med ballongsondering stämmer väl med resultatet av de kombinerade mätningarna av meteorologi och ljud sommaren 2006. De förklarar också varför ljudet böjs ner mot bebyggelsen. Bullerförstärkningar kan således fås inte enbart genom att ljudet går i bågar inom kalluftssjön som ibland når över bebyggelsen, utan även som en kombinationseffekt av temperaturinversionen och medvinden (figur 14).



Figur 14. Kombinationseffekten i Åkarp, principbeskrivning. Kalluft kan förekomma i dalen även vid viss vind. I kalluften är vinden ofta försvagad. Ovanför kalluftsskiktet kröker medvind ner ljudbågarna, tillbaks ner i kalluftssjön.

Enligt vår mening har andra tätorter med omgivande plan slättbyggd sällan motsvarande tillrinning av kalluft från omgivningen, vilket sammanhänger med de topografiska förhållandena. Ljudspridningsförhållandena hos orter i jordbruksbygd skiljer sig beroende på om de ligger i en dalgång och omgivningen är högre belägen, eller om omgivningen ligger i samma nivå eller lägre. Det senare är typiskt för landskapen Södermanland, Uppland och Östergötland med sedimentära leror olämpliga för byggnation. Där ligger bebyggelsen i allmänhet på omgivande högre belägna moränmarker.

För Uppsalaslätten har visats hur ljudet vid inversion kan ”studsa” fram i låga bågar, 2-3 m höga, över långa sträckor där det inte finns bullerdämpande hinder (Hallberg, Larsson and Israelsson 1988). Motsvarande mätningar i tätortsförhål-

landen har i Sverige inte gjorts för ljudbågars fortplantning, men bostadshus och andra byggnader i tätorten skärmar troligtvis den flacka utbredningen. Eftersom bebyggelsen på Uppsalaslätten, Sörmlandsslätten och Östgötaslätten ligger av tradition och pga geotekniska förhållanden på de höglänta moränmarker som omger de mer låglänta odlingsbara slätterna, så är situationen i princip omvänd mot vad som gäller i Åkarp, där bebyggelsen ligger lägre än omgivande öppen mark. Detta talar emot att Åkarp uppvisar ”väder och ljudutbredningsförhållanden som är typiska för slättbygd” (Banverket 2007).

Vad beträffar frekvensen, hur ofta ljudförstärkning uppstår, så har visats av statistik (Mattsson 2005a, b) att markinversion med kallluftsbildning sannolikt uppstår flera nätter per vecka under sommarhalvåret. Eftersom markinversion även kan inträffa vid viss vind, kan bullerförstärkning uppstå oftare, särskilt i kombination med medvind. Det kan förklara varför nattbullret från E6 mätt vid mätmasten 1 km öster om E6 kunde uppmätas så högt (Mattsson och Thorsson 2006) .

Mätresultaten från ballongmätningarna förklarar varför ljudet kröks ner mot bebyggelse igen även för långa avstånd. Förklaringen torde inte bara gå att finna i ljudbågar inom kallluftssjön som går över bebyggelsen och kommer ner igen, utan även i en kombinationseffekt av krökning på grund av temperaturinversion samt medvindseffekt. Sannolikt ger också kallluftsskiktet en hoppressning och därmed ökning av luftströmmarna precis ovanför, vilket kan medföra en kraftigare fokusering av ljudvågorna mot bebyggelse.

Mätningarna bekräftar tidigare slutsats att Åkarps bullerpåverkande lokalklimatförhållanden är så speciella att användningen av den gamla Nordiska beräkningsmodellen utan korrigering ger avsevärt fel resultat beträffande störning nattetid.

Förhärskande vindriktning i området är W-SW, samma riktning som Södra stambanans genom Åkarp. Ljudbågar som möter medvind uppstår därför vanligtvis relativt parallellt med spåren (figur 15). Därför blir det relativt stort avstånd mellan bullerkälla och skärm jämfört med vinkelrätt vindriktning. Den effektiva insättningsdämpningen av en skärm blir då reducerad.

Figur 15. Förhärskande vindriktning gör att ljudbågar till stor del uppstår i ungefär samma riktning som järnvägen.

I juni 2008 förmåddes kommunledningen skriva på ett avtal med banverket om djupt nedsänkt lösning, samt överdäckning 400 m genom samfinansiering från

kommunen och regionala myndigheten (Region Skåne). En av förutsättningarna i avtalet är att de av banverket i järnvägsutredningen redovisade bullerberäkningarna är ”tillräckligt tillförlitligt underlag”.

Referenser

- Banverket. 2007. Protokoll från möte med SMHI och Uppsala universitet. 2007-04-27.
- Hallberg, Bengt, Conny Larsson and Sven Israelsson. 1988. Numerical ray tracing in the atmospheric surface layer. *The Journal of the Acoustic Society of America*. Vol. 83, No. 6, June 1988, pp 2059-2069.
- Lindqvist, Sven. 1967. Indikering av bebyggelse- och topografibetingade temperaturdifferenser med infrarödteknik. *Svensk geografisk årsbok* 43. 1967. pp 212-225.
- Mattsson, Jan O. 2005a. Bedömning av lokala inversionsförhållanden i Åkarp. 2005-06-27, Department of Physical Geography and Ecosystems Analysis. Lund University. (http://www.burlov.se/kommunens_service/bygg_anlaggningsforv/ytrande_SSB/Bilaga3.pdf)
- Mattsson, Jan O. 2005b. Komplement till utredning om inversionsförhållanden i Åkarp. 2005-12-07. Department of Physical Geography and Ecosystems Analysis. Lund University. (http://www.burlov.se/kommunens_service/bygg_anlaggningsforv/ytrande_SSB/Bilaga3.pdf)
- Mattsson, Jan O. 2008a. Ang. Södra stambanan genom Åkarp – Underhandsredovisning av resultat av temperaturmätningar med ballong i Åkarp v 27, 2008. Kommunstyrelsen i Burlöv.
- Mattsson, Jan O. 2008b. Angående Södra stambanan genom Åkarp – Redovisning av fortsatta temperaturmätningar med ballong i Åkarp sommaren 2008. Kommunstyrelsen i Burlöv.
- Mattsson, Jan O. och Pontus Thorsson. 2006. Studier av markinversioners inverkan på spridningen av järnvägsbuller i Åkarp. Utredning på uppdrag av Burlövs kommun.
- Naturvårdsverket. 1998. Buller från spårburen trafik. Naturvårdsverket Rapport 4935, sid 12.
- Öhrström, Evy. 1995. Effects of low levels of road traffic noise during the night: A laboratory study on number of events, maximum noise levels and noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration* 179, sid 603-615.